

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-271231

(43)Date of publication of application : 18.10.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/16  
G01B 11/00

(21)Application number : 07-069302

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 28.03.1995

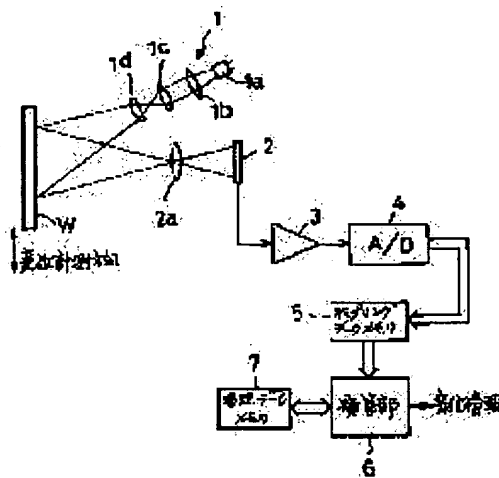
(72)Inventor : KAMEGAWA MASAYUKI

## (54) NON-CONTACT DISPLACEMENT GAGE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a non-contact displacement gage wherein the accumulation of error that follows updating of reference data is significantly reduced, even if the frequency in update of the reference data increases, in the case of repeated displacement of one area instead of displacement in a single direction.

CONSTITUTION: Multiple reference data are stored in a storage means 7, and, when moving amount of speckle pattern calculated by a calculation means 6 reaches specified amount so that the updating of reference data is needed, such reference data among the past reference data in the storage means 7 as is close to current sampling data is selected and taken again as reference data, thus the error that follows updating of reference is not accumulated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

Best Available Copy

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-271231

(43) 公開日 平成8年(1996)10月18日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 B 11/16  
11/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 B 11/16  
11/00

技術表示箇所

G  
G

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-69302

(22) 出願日 平成7年(1995)3月28日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 亀川 正之

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

株式会社島津製作所三条工場内

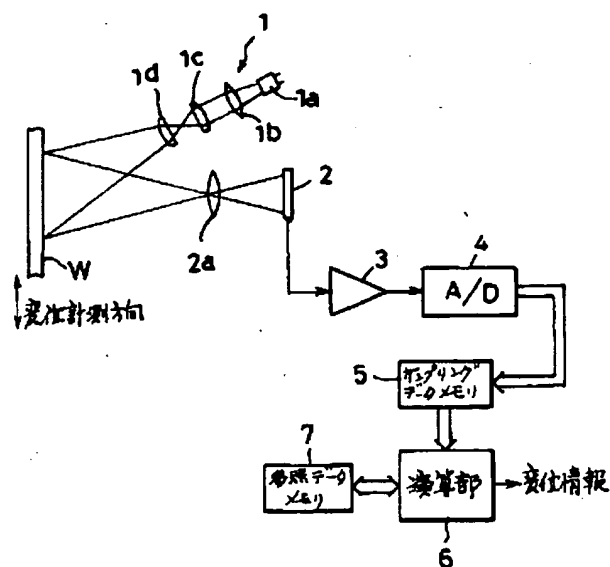
(74) 代理人 弁理士 西田 新

(54) 【発明の名称】 非接触変位計

(57) 【要約】

【目的】 参照データの更新の頻度が高くなっても、一方向への変位ではなく、ある領域を繰り返し変位するような場合において、参照データの更新に伴う誤差の累積を大幅に少なくできる非接触変位計を提供する。

【構成】 複数の参照データを記憶手段7に記憶するようにし、演算手段6の演算によるスペックルパターンの移動量が規定量に達して参照データの更新が必要となったとき、記憶手段7内の過去の参照データのうち、現サンプリングデータに近いものを選択して再び参照データとして採用することで、参照データの更新に伴う誤差が累積されないようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定試料にレーザ光を照射するレーザ光照射光学系と、そのレーザ光の被測定試料の表面による散乱光を受光して、その散乱光に含まれるスペックルパターンを検出するイメージセンサと、そのイメージセンサの出力を用いて、所定の時刻に検出したスペックルパターンデータを参照データとして、他の時刻に検出したスペックルパターンデータとの相互相関関数を算出することにより、その間におけるスペックルパターンの移動量を求めて被測定試料の変位情報を得るとともに、スペックルパターンの移動量が規定量に達した時点で、参照データとして用いるスペックルパターンデータを更新する演算手段を備えた変位計において、複数の参照データを記憶する記憶手段を備えるとともに、上記演算手段は、参照データの更新に際して、上記複数の参照データのなかから、最新のスペックルパターンに近いデータを選択し、その選択したデータを以後の参照データとして用いるよう構成されていることを特徴とする非接触変位計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、被測定試料の表面にレーザ光を照射して得られるスペックルパターンを利用して、非接触のもとに被測定試料の変位情報を得る変位計に関する。なお、本発明で言う変位情報とは、被測定試料の1点における変位情報のほかに、例えば材料試験機等における試験片の伸び等、被測定試料の2点での変位量に基づく伸びや縮み量等をも含む。

## 【0002】

【従来の技術】被測定試料の表面にレーザ光を照射して得られるスペックルパターンを利用して、その試料の変位情報を非接触のもとに測定する方法が知られている。

【0003】このようなスペックルパターンを利用して変位情報を得る場合、基本的には、被測定試料の測定対象面からのレーザ光の散乱光を、イメージセンサによって光电変換してスペックルパターンに応じた電気信号を刻々と得るとともに、その刻々の信号の相互相関関数を求めることにより、スペックルパターンの移動量を求め、そのスペックルパターンの移動量から被測定試料の変位情報を得る。また、このような原理を用いて、被測定試料の2箇所におけるスペックルパターンの移動量を個別に求めるとともに、その差を算出することにより、その2箇所間における被測定試料の伸びまたは縮み量を求めることができ、材料試験機の試験片の伸びの測定等にも利用することができる。

【0004】ところで、この種の変位計においては、相互相関関数の演算は、具体的には、ある時刻にサンプリングしたスペックルパターンデータを参照データとして、その参照データと、以後に刻々とサンプリングされるスペックルパターンデータとの相互相関関数を求める

もので、その各相互相関関数のピーク位置の変化から、参照データとして用いたスペックルパターンに対する以後の各スペックルパターンの移動量を求める。従って、この各スペックルパターンの移動量は、参照データのサンプリング時点と、以後の各データサンプリング時点との間で生じた被測定試料の変位量を表す情報となる。

【0005】ここで、相互相関関数のピーク強度は、参照データに対する現時点におけるスペックルパターンの移動量が大きくなるほど低くなり、ある限度を越えてスペックルパターンが移動してしまうと、相互相関関数のピーク位置を検索できなくなってしまう。そこで、従来、参照データを基にして算出したスペックルパターンの移動量が規定量に達した時点で、それまでの参照データに代えて、その時点におけるデータを新たに参照データとして記憶しなおす、いわゆる参照データの更新動作を行い、以降、更新後の参照データを用いた演算を行うようにしている。この場合、参照データを更新するごとに、更新前後の参照データの相互の位置関係を被測定試料の変位情報として加算していくことは勿論である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、参照データを更新するに際して、更新前後の参照データ相互の位置関係を被測定試料の変位情報に加算するとき、その位置関係の分解能は当然ながらこの変位計の分解能であるため、参照データを更新するごとに、原理的にある程度の誤差が累積されていくことは否めない。

【0007】このような参照データの更新に伴う誤差は、例えば金属材料等の引張試験等における伸びの測定等のように、更新回数が少ない場合においては全く問題にはならないが、例えば材料の疲労試験における試験片の変位情報を計測するような場合には、その計測時間は通常の引張試験と比べて長くなり、その間に何回も参照データの更新を行う必要がある場合、参照データの更新に伴う誤差の累積は無視できなくなる。

【0008】例えば被測定試料の変位量が0.5mmになるごとに参照データの更新が必要な非接触変位計を用いて、疲労試験の試験片の変位情報を得る場合、繰り返し負荷による試験片の振幅が図4(A)に示すように±0.5mmの範囲内であれば参照データの更新を行う必要はないが、それを越える振幅の場合、同図(B)に黒丸で例示するように、繰り返し負荷の1周期ごとに4回ずつ参照データの更新が必要となる。この場合、参照データの更新ごとに例えば最大1μmの誤差が生じるとしても、試験に必要な負荷の繰り返し回数が $10^5$ であれば、参照データの更新の頻度は $4 \times 10^5$ となり、累積誤差は無視できない量となる。

【0009】本発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、特に疲労試験における試験片の変位情報を得る場合のように、参照データの更新の頻度が極めて高くなっても、それに伴って累積される誤差量を大幅に抑制す

10

20

30

40

50

ることのできる非接触変位計の提供を目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための構成を、実施例図面である図1を参照しつつ説明すると、本発明の非接触変位計は、被測定試料Wにレーザ光を照射するレーザ光照射光学系1と、そのレーザ光の被測定試料Wの表面による散乱光を受光して、その散乱光に含まれるスペックルパターンをと検出するイメージセンサ2と、そのイメージセンサ2の出力を用いて、所定の時刻に検出したスペックルパターンデータを参照データとして、他の時刻に検出したスペックルパターンデータとの相互相関関数を算出することにより、その間におけるスペックルパターンの移動量を求めて被測定試料の変位情報を得るとともに、スペックルパターンの移動量が規定量に達した時点で、参照データとして用いるスペックルパターンデータを更新する演算手段6を備えた変位計において、複数の参照データを記憶する記憶手段（参照データメモリ）7を備えるとともに、演算手段6は、参照データの更新に際して、記憶手段7に記憶されている複数の参照データのなかから、最新のスペックルパターンに近いデータを選択し、その選択したデータを以後の参照データとして用いるよう構成されていること

によって特徴づけられる。

【0011】  
【作用】演算手段6は、スペックルパターンの移動量が規定量に達した時点で、それまでに使用している参照データを更新することは従来と同じであるが、この参照データの更新に際して、単に最新のスペックルパターンデータを参照データにするのではなく、記憶手段7に記憶されている複数の参照データのなかから、最新のスペックルパターンに近いデータを探し、そのデータを新たな参照データとして採用する。

【0012】すなわち、被測定試料Wが一方向に単調に変位するのではなく、疲労試験における試験片のように、被測定試料Wがある範囲内で振動するような場合、その範囲内における幾つかの位置でのスペックルパターンデータが記憶手段7に記憶されている状態では、参照データの更新が必要となったとき、そのうちのあるものはサンプリングデータに近いものがある。そのようなデータを選択して参照データとして採用する動作を繰り返せば、最新のスペックルパターンデータを新規に参照データとして取り込む場合に比して、参照データの更新に伴う誤差の累積量は大幅に少なくなる。

【0013】

【実施例】図1は本発明実施例の全体構成を示す模式図である。レーザ光照射光学系1は、半導体レーザ1a、コリメータレンズ1b、および2つのシリンドリカルレンズ1c、1dからなるビームエキスパンダによって構成され、半導体レーザ1aからの出力レーザ光は、変位計測方向である図中上下方向にライン状に引き延ばされ

た状態で被測定試料Wの表面に照射される。

【0014】その照射レーザ光の被測定試料Wの表面による散乱光は、集光レンズ2aによってイメージセンサ2の受光面に結像される。イメージセンサ2は、複数個、例えば2000個の画素が一列に並べられた2000チャンネルの1次元イメージセンサであって、各画素は変位計測方向である上下方向に並べられている。

【0015】1次元イメージセンサ2の出力は、増幅器3で増幅された後、A-D変換器4によってデジタル化され、所定のフレームレートのもとに1フレーム分、つまり全チャンネルのデータが一旦サンプリングデータメモリ5に格納される。

【0016】演算部6は、サンプリングデータメモリ5にフレームデータが格納されるごとに、その各チャンネルのデータのうちの一部の、あらかじめ設定されている個数の連続するチャンネル分のデータを観察エリアデータとして用い、その当初のものを初期の参照データとし、以後、後述するプログラムに基づいて、刻々とサンプリングされる観察エリアデータ（以後、このデータをサンプリングデータと称する）との相互相関関数を演算してスペックルパターンの刻々の移動量を算出して変位情報として出力するとともに、スペックルパターンの移動量が規定量に達して相関強度が低下すること、後で詳述する手法によって参照データの更新を行う。

【0017】演算部6による相互相関関数の演算に供される参照データは参照データメモリ7に格納されるが、この参照データメモリ7には複数の参照データを格納するエリアが設定されており、以下に示すように、最新のサンプリングデータを新たに参照データとして設定すること、その参照データを位置情報とともに格納し、また、その格納された各参照データは、一定の条件を満たすものがあれば参照データの更新時に再び参照データとして採用されるようになっている。

【0018】図2は演算部6による演算動作の内容を示すフローチャートで、また、図3は疲労試験等において出現する被測定試料Wの経時的な変位の状況の例を示すグラフであり、以下、これらの図を参照しつつ本発明実施例の作用を述べる。

【0019】測定開始指令が与えられると、その時点におけるサンプリングデータを原点の参照データとして参照データメモリ7に格納する（ST1）。この参照データは図3においてAで示される。その後、刻々のサンプリングデータと参照データとの相互相関関数を演算し、その相関ピークの位置から観察エリアにおけるスペックルパターンの移動量を求めて変位情報とする（ST2）。

【0020】被測定試料Wの変位量が規定量に達して相関強度が低下すると、参照データの更新が必要となるが（ST3）、この参照データの更新に際しては、現時点におけるサンプリングデータを参照データとするか、あ

5

るいは、参照データメモリ7内に既に格納されているデータを再び参照データとして用いるかを判別する(ST4)。近いデータがない場合にはその時点のサンプリングデータを参照データとして採用するとともに参照データとしてその位置情報とともに参照データメモリ7に格納し(ST5)、近いデータがある場合にはその格納されているデータを再び参照データとして採用する(ST6)。

【0021】すなわち、計測開始当初においては、原点に対応する参照データのみが参照データメモリ7に格納されているため、最初に参照データを更新する場合には、例えば図3にBで示すように、その時点におけるサンプリングデータを新規の参照データとして参照データメモリ7に格納する。このとき、そのデータの位置情報L1も同時に記憶しておく(ST5)。この参照データの更新後においては、ST2において算出する被測定試料Wの原点Aからの変位量は、サンプリングデータと更新後の参照データとの相互相関関数の演算によって求められるスペックルパターンの移動量と、更新後の参照データの位置情報との和となる。つまり、図3にBで示される位置でのサンプリングデータを参照データとしている状態において、Cで示される点の変位量は、Cでのサンプリングデータと参照データとの相互相関関数により求められたスペックルパターンの移動量L2'と、Bで取り込んだ参照データの位置情報L1との和となる。ここで、新しい参照データの位置情報の誤差をe1とすると、Cの変位量は、

$$L1 + e1 + L2' \quad \dots (1)$$

となる。

【0022】被測定試料Wの変位が図3においてDに示すように増大し、Bにおけるサンプリングデータを参照データに対するスペックルパターンの移動量が、再び規定量に到達して参照データの更新が必要となったときには、この場合にも上記と同様に参照データメモリ7にはこれに近いデータがないため、その時点におけるサンプリングデータを新規な参照データとして参照データメモリ7にその位置情報L2とともに格納し、以後、その参照データを用いた演算を行う。例えば図3にEで示す位置に被測定試料Wが変位したとき、その変位量は、参照データに対するスペックルパターンの移動量をL3'、\*

$$L1 + e1 + L2 + e2 + L3' + e3 + L4 + L3'' \quad \dots (4)$$

となり、本発明実施例による(3)式に比較して誤差の累積量が大きくなることは明らかである。また、図3にJで示した点を例にとると、本発明実施例ではB点でサンプリングしたデータを参照データとして用いるから、

$$L1 + e1 + L2'' \quad \dots (6)$$

となるのに対し、従来例ではB、D、E、F、GおよびI点においてそれぞれの時点におけるサンプリングデータを参照データとして新規に採用するため、B～Iの合計6個の参照データの位置情報と同じ数だけの誤差の和※50

6

\*D点で取り込んだ参照データのB点に対する位置情報をL2、その誤差をe2とすると、E点における実際の被測定試料Wの変位量は、

$$L1 + e1 + L2 + e2 + L3' \quad \dots (2)$$

となる。

【0023】以上のような演算並びに参照データの更新動作を繰り返すことにより、例えば被測定試料WがGにまで変位した状態では、参照メモリ7にはA、B、D、Fの各点においてサンプリングしたデータが、それぞれの位置情報とともに参照データとして格納されていることになる。そして、この時点で参照データの更新が必要となった場合、参照データメモリ7にはその時点におけるG点でのサンプリングデータに近い、D点におけるデータが格納されているため、そのD点におけるデータを再び参照データとして採用する。

【0024】この場合、H点での変位量は、D点でのサンプリングデータを参照データとしたスペックルパターンの移動量をL3''としたとき、H点における実際の被測定試料Wの変位量は、

$$L1 + e1 + L2 + e2 + L3'' \quad \dots (3)$$

となる。

【0025】以上のように、参照データの更新が必要と判断されたときには、その時点におけるサンプリングデータに近いデータが、参照データメモリ7に格納されているデータのなかにない場合には、その時点におけるサンプリングデータを新規にサンプリングデータとして採用し、参照データメモリ7に格納するものの、参照データメモリ7内の過去の複数の参照データのなかに、その時点におけるサンプリングデータに近いものがある場合には、その過去の参照データを再び新たな参照データとして用いる。

【0026】その結果、参照データの更新に伴う誤差の累積は大幅に減少する。ちなみに、従来のように参照データの更新が必要となるごとにその時点のサンプリングデータを参照データとした場合においては、前記したH点での実際の被測定試料Wの変位量は、前回の参照データの採取位置であるD点に対するF点の位置情報をL3とし、その参照データの更新に伴う誤差をe3、そのF点に対するG点の位置情報をL4、その参照データの更新に伴う誤差をe4とすると、

※となり、本発明実施例による累積誤差の少ないことがよくわかる。

【0027】ここで、参照データの更新に際して、メモリ7内の過去の参照データに、現サンプリングデータに近いデータがあるか否かの判定、つまり過去の参照データを用いるか否かの判定の具体的な仕方は、例えば、過去の参照データに対する現時点の位置が、あらかじめ設定されている範囲内にあるか否か等の判定によって行うことができる。また、このような条件を満たすデータが

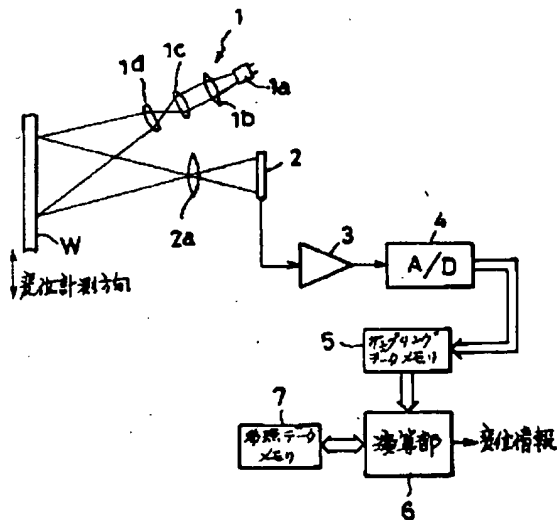
複数個ある場合には、最も近いデータを採用することが合理的であることは言をまたない。

【0028】なお、図3においてK、L、Mで示す位置では、計測開始当初において参照データメモリ7内に近いデータがないため、この場合にはこれらの位置におけるサンプリングデータを新規に参照データとして採用するが、これらは以後の繰り返し負荷による被測定試料Wの変位が、これらの領域を通過する際に参照データとして用いられることになる。

【0029】また、計測中に被測定試料Wの表面状態が変化し、参照データの更新時に過去の参照データのうちの近いものを用いても充分な相関強度が得られない場合が生じる恐れがある。このような場合には、その時点のサンプリングデータを新しい参照データとすればよい。このような場合でも、試料表面の変化は十分にゆるやかに起こると予想されるので、参照データの更新ごとにその時点のサンプリングデータを参照データとする従来方式に比して、参照データの更新に伴う誤差が累積する量は著しく少なくなる。

【0030】なお、以上の実施例では、1つの観察点エリアに対応するチャンネルからのデータに基づいて、被測定試料Wの1点での変位を計測した例を示したが、このような観察点エリアを2つ設け、それぞれに対応するチャンネルからのデータを個別に用いて、被測定試料Wの2点での変位を計測し、その差を求めることにより、被測定試料Wの2点間での伸びまたは縮みを計測することができる。

【図1】



## 【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数の参照データを格納することのできる記憶手段を設け、参照データの更新を必要とする場合に、その記憶手段内の各データのうち、その時点のサンプリングデータに近いデータを選択し、その過去の参照データを再び新たな参照データとするから、参照データの更新に伴う誤差の累積が少なくなり、特に疲労試験における試験片の変位情報を得る場合のように長時間にわたって繰り返して同じような領域を変位するような計測に際しては、従来方式に比して誤差の累積量は著しく少なくなる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の全体構成を示す模式図

【図2】その演算部の動作を示すフローチャート

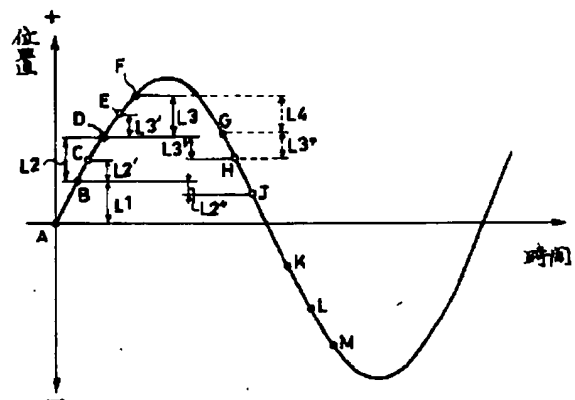
【図3】疲労試験等において出現する被測定試料Wの経時的な変位の状況の例を示すグラフを基にした、本発明実施例の作用説明図

【図4】疲労試験における試験片の経時的な変位の状況の説明図で、参照データの更新が不要な場合の例(A)と、同じく必要な場合の例(B)を示すグラフ

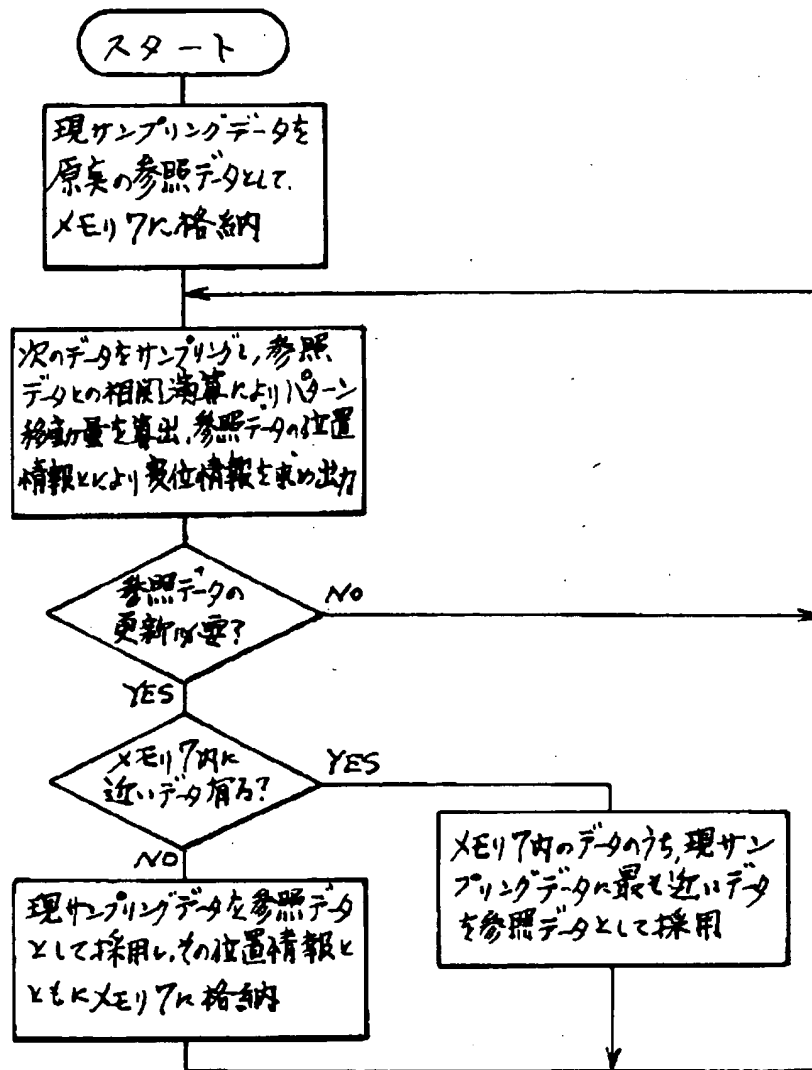
## 【符号の説明】

- 1 レーザ光照射光学系
- 2 イメージセンサ
- 4 A-D変換器
- 5 サンプリングデータメモリ
- 6 演算部
- 7 参照データメモリ

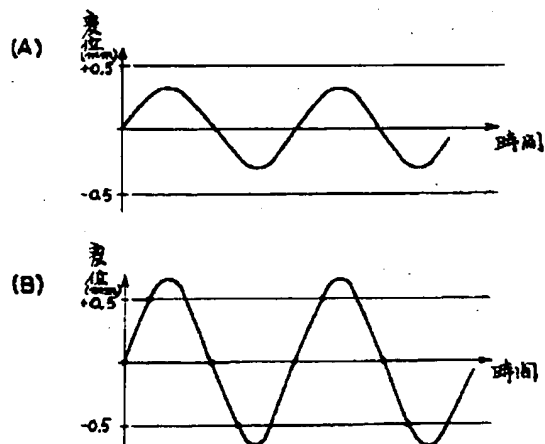
【図3】



【図2】



【図4】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**